

УДК 677.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА НАЖИМНОЙ ВАЛИК ВЫТЯЖНОГО ПРИБОРА*

Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, В.А. АВРЕЛЬКИН, В.И. РОНЬЖИН, В.Г. ЛАПШИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

В связи с тем, что нагрузка на нажимные валики вытяжного прибора – один из важных факторов, определяющих качественные характеристики продукта, а определение оптимальной величины нагрузки на валик достаточно значимо для нормального протекания процесса вытягивания, задача нашей работы заключалась в определении оптимальной нагрузки на нажимные валики вытяжных пар, в зависимости от сил, действующих на продукт в зонах вытягивания (питания и выпуска), а также сил трения волокон продукта.

В процессе проектирования возникает необходимость оценки влияния технологических параметров на величину нагрузки на нажимные валики.

Необходимую нагрузку на нажимные валики вытяжного прибора определяли на примере кольцепрядильной машины П-76-ШГ2.

Для передачи продукта из зоны питания в зону вытягивания к питающей паре вытяжного прибора необходимо приложить такую нагрузку, при которой образованная ею сила вытягивания способна преодолеть сопротивление движению продукта, образующееся в результате прохождения последнего через уплотнитель.

Согласно законам механики выражение для определения нагрузки на нажимной валик пар вытяжного прибора имеет вид

$$Q_1 = \frac{F_{тр}}{\mu}, \quad (1)$$

где $F_{тр}$ – сила трения продукта в зажиме пары; μ – средневзвешенный коэффициент трения.

Учитывая натяжение, которое испытывает продукт на участке до питающей пары вытяжного прибора, силу вытягивания, действующую на продукт после нее, а также ширину валика и входящего продукта, необходимую нагрузку на нажимной валик питающей пары можно рассчитать по формуле

$$Q_1 = \frac{3\ell_1}{\mu b_1} (N_2 + N_3 - N_4), \quad (2)$$

где ℓ_1 – ширина валика питающей пары; b_1 – ширина входящего продукта; N_2 – натяжение, которое испытывает продукт до вхождения в питающую пару; N_3 – сила вытягивания в задней зоне вытяжного прибора; N_4 – натяжение волокон продукта, длина которых больше разводки в задней зоне вытягивания.

В случае транспортирования продукта к питающей паре вытяжного прибора, то есть когда натяжение N_2 равно нулю, минимальную нагрузку на валик при условии отсутствия скольжения продукта в питающей паре запишем так:

* Работа выполнена по гранту 2002г. Министерства образования РФ по фундаментальным исследованиям в области технических наук.

$$Q_{1.\min} = \frac{3\ell_1}{\mu b_1} (N_3 - N_4). \quad (3)$$

При сматывании ровницы с катушки образуется некоторое натяжение, которое определяется [1]:

$$N_1 = \frac{\mu_1 m r_1}{\rho \sin \delta}, \quad (4)$$

где m – масса ровницы с катушкой; r_1 – радиус пяточки шпильки; ρ – переменный

$$N_2 = \frac{\alpha}{\pi^2} \left(\frac{4T}{\tau} \right)^3 \left\{ \int_{x_1}^{x_2} D^{-5}(x) - \xi_0^3 \left(\frac{\pi\tau}{4T} \right)^3 D(x) dx + \frac{1}{8\mu_y} \left[\left(\frac{1}{D_2^4} - \frac{1}{D_1^4} \right) + 2\xi_0^3 \left(\frac{\pi\tau}{4T} \right) (D_2^2 - D_1^2) \right] \right\} + N_1, \quad (5)$$

где α – коэффициент, характеризующий физические свойства продукта и уплотнителя; μ_y – коэффициент трения между продуктом и уплотнителем; T – линейная плотность продукта; τ – удельный вес волокна; D_1 – диаметр выходного отверстия уплотнителя; D_2 – исходный диаметр продукта; $D(x)$ – функция, описывающая форму уплотнителя;

б) уплотнитель – спиральный выюрок:

$$N_2 = P_m (\sin \lambda_c \cos \varepsilon + f_1 \sin \varepsilon) + N_1, \quad (6)$$

$$P_m = \frac{E_1 r^2 L}{a_n} \left(\sin \frac{\lambda_k}{2} - \frac{\lambda_k}{2} \cos \frac{\lambda_k}{2} \right),$$

$$\lambda_c = 0,37 \frac{\lambda_r}{2},$$

$$\frac{\lambda_r}{2} = \arccos \left(1 - \frac{D_2 - D + 2r}{2r} \right),$$

где P_m – давление витков спирали на продукт; E_1 – модуль упругости при сжатии; L – длина винтовой линии; r – радиус стержня спирали; ε – угол наклона витков спирали; D – средний диаметр спирали.

Для задней зоны вытяжного прибора сила вытягивания продукта [3]:

$$N_2 = \frac{2}{3} \psi \mu_2 \lambda_1 \sigma_1 n_1 R_1 \left(1 - \sqrt{\frac{E_1}{1 + E_1}} \right), \quad (7)$$

радиус намотки; δ – угол схода ровницы при сматывании; μ_1 – приведенный коэффициент трения.

В зависимости от вида установленного уплотнителя перед вытяжным прибором уравнение для определения натяжения ровницы выглядит [2]:

а) уплотнитель – воронка в форме поверхности вращения:

где ψ – средняя поверхность единицы длины одного волокна; μ_2 – коэффициент трения между волокнами продукта; λ_1 – коэффициент пропорциональности, характеризующий площадь истинного контакта волокон на данном участке поля [4]; σ_1 – нормальное давление между волокнами продукта; n_1 – число волокон продукта, входящих в питающую пару; R_1 – разводка в задней зоне вытягивания; E_1 – первая частная вытяжка.

В задней зоне вытягивания натяжение продукта, длина волокон которого больше разводки, определим следующим образом:

$$N_4 = \psi \mu_2 \lambda_1 \sigma_1 n_{12} L_1, \quad (8)$$

где n_{12} – число волокон в задней зоне вытягивания, длина которых больше разводки (согласно кривой распределения волокон по длине); L_1 – длина волокон, которые превышают разводку в задней зоне вытяжного прибора.

Нагрузку на нажимной валик промежуточной пары найдем аналогично формуле (2):

$$Q_2 = \frac{3\ell_2}{\mu b_2} (N_4 + N_5 - N_6), \quad (9)$$

$$\text{где } N_5 = \frac{2}{3} \psi \mu_2 \lambda_2 \sigma_N n_2 R_2 \left(1 - \sqrt{\frac{E_2}{1 + E_2}} \right) \quad (10)$$

– сила вытягивания в основной зоне вы-

тяжного прибора;

$$N_6 = \psi \mu_2 \lambda_2 \sigma_N n_{22} L_2 \quad (11)$$

– натяжение продукта в основной зоне вытягивания, длина волокон которого больше разводки; σ_N – нормальное давление между волокнами продукта (зависит от давления в зажиме ремешковой пары [5]); n_2 – число волокон продукта, входящих в промежуточную пару (согласно кривой утонения); n_{22} – число волокон в основной зоне вытягивания, длина которых больше разводки (согласно кривой распределения волокон по длине); R_2 – разводка в основной зоне вытягивания; E_2 – вторая частная вытяжка; l_2 – ширина валика промежуточной пары; b_2 – ширина продукта, входящего в промежуточную пару.

Если в задней зоне вытягивания вытяжка равна единице, то есть продукт транспортируется и при этом не испытывает натяжения, то минимальная нагрузка на валик промежуточной пары при условии отсутствия скольжения в зажиме определяется так:

$$Q_{2,\min} = \frac{3l_2}{\mu b_2} (N_5 - N_6). \quad (12)$$

Нагрузку на нажимной валик выпускной пары вытяжного прибора вычислим на основании [6]:

$$Q_3 = p_{mp} S_{mp} + \frac{p_{mp}^2 + p_{mp} a - n |S_b}{m + p_{mp} v}, \quad (13)$$

где
$$p_{mp} = \frac{N_6 - N_7}{S_{mp} (\mu_a - \mu_b)} \quad (14)$$

– удельная нагрузка на продукт; N_7 – натяжение продукта после выпускной пары; S_{mp} – ширина продукта; S_b – ширина валика; a, n, m, v – коэффициенты, зависящие от свойств продукта и конструктивных особенностей выпускной пары; μ_a – коэффициент трения продукта о поверхность цилиндра; μ_b – коэффициент трения продукта о поверхность валика.

При движении пряжи по нитенаправителю образуется некоторое натяжение N_8 . Пряжа при скольжении располагается по

геодезической кривой, сила трения направлена по касательной к пряже и подчиняется закону Амонтона.

С учетом уравнений равновесия нити в Лагранжевых координатах и в зависимости от вида образующей поверхности нитепроводника выражение натяжения пряжи N_8 после огибания нитепроводника, то есть в баллоне, можно определить, используя [7]:

$$N_8 = N_7 \exp \left(\mu_3 \int_{s_1}^{s_2} k(s) ds \right), \quad (15)$$

где $k(s)$ – кривизна поверхности, выраженная через длину дуги; μ_3 – коэффициент трения между продуктом и нитепроводником; N_7 – натяжение пряжи на участке, расположенном до нитепроводника.

Натяжение пряжи в процессе баллонирования можно найти с помощью методики [8]. При определении натяжения пряжи в баллоне условимся, что рассматривается плоская модель расположения пряжи в баллоне при ее квазистационарном движении и не учитывается влияние силы сопротивления воздуха, сил инерции, обусловленных продольным движением нити, и деформации нити в баллоне. Натяжение N_8 пряжи в баллоне вычислим по формуле:

$$N_8 = \frac{m_1 \omega^2 r \sqrt{1 + (y'(x))^2}}{e^{\left[f_2 \left(\frac{x}{2} - \beta \right) \right]} \left(\frac{r_1}{f_0 r} + \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{r} \right)^2} \right) + \operatorname{tg} \beta - 1}, \quad (16)$$

где
$$y(x) = \frac{r}{\sin(\sqrt{k}H)} \sin(\sqrt{k}x) \quad (17)$$

– уравнение баллона при $0 \leq H \leq x$; m_1 – масса бегунка; ω – угловая скорость баллона; r_1 – текущий радиус паковки; r – радиус кольца; H – высота баллона; f_2 – коэффициент трения нити о бегунок; f_0 – коэффициент трения пары бегунок–кольцо; β – угол между осью баллона и касательной к кривой баллона в области бегунка.

С учетом натяжения пряжи в баллоне определим натяжение, которое испытывает пряжа после выхода из вытяжного прибора:

$$N_7 = \frac{m_1 \omega^2 r \sqrt{1 + (y'(x))^2}}{\left(\frac{e^{\left[f_2 \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right]}}{\cos \beta} \left(\frac{r_1}{f_0 r} + \sqrt{1 - \left(\frac{r_1}{r} \right)^2} \right) + \operatorname{tg} \beta - 1 \right) \exp \left(\mu_3 \int_{s_1}^{s_2} k(s) ds \right)} \quad (18)$$

Натяжение пряжи на участках, расположенных за выпускной парой вытяжного прибора, непостоянно и зависит от диаметра образуемого початка, расположения кольцевой планки (высоты баллона), массы бегунка и т.д.

Для того, чтобы выпускная пара осуществляла свое функциональное назначение, то есть была способна извлекать (вытягивать) волокна из зажима промежуточной пары, следует брать исходные данные для определения натяжения пряжи на участке, расположенном от выпускной пары до нитепроводника, которым соответствует максимальный диаметр намотки початка и расположение кольцевой планки у основания початка.

Подставляя формулы (18) и (14) в (13), можно определить нагрузку на нажимной валик выпускной пары.

Выражения для определения нагрузок на нажимные валики вытяжных пар носят сложный характер и зависят от многих технологических параметров:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= f(N_2, \mu, \ell_1, b_1), \\ Q_2 &= f(R_1, \psi, s, \mu_4, \sigma, n_1, E_1, \ell_2, b_2), \\ Q_3 &= f(N_5, N_6, a, n, m_1, v, S_{np}, S_b). \end{aligned} \right\} (19)$$

Разработанную на основании системы уравнений модель можно рассчитать на ЭВМ с использованием прикладной программы MathCAD. Расчеты проводили при следующих исходных данных: объект исследования – пряжа линейной плотностью $T = 31$ текс из смеси следующего состава: шерсть 64^k , I и II длины – 35%, искусственное волокно (лавсан) – 65%; штапельная длина волокон равна 72 мм; $m = 2,5$ кг; $\mu_y = 0,3$; $\varphi = 110^\circ$; $b = 0,3$ см; $m_1 = 0,1$ г; $\omega = 11000$ об/мин; $r_1 = 2$ см; $r = 2,5$ см; $H = 20$ см; $R_1 = 70$ см; $R_2 = 110$ см; $E_1 = 1,6$; $E_2 = 9$; $\lambda_1 = 0,56$;

$\lambda_2 = 0,67$; $f_1 = 0,36$; $f_0 = 0,12$; $f_2 = 0,3$; $\mu_2 = 0,3$; $\mu_3 = 0,34$. По формулам (3), (9) и (10) с учетом исходных данных определяли нагрузку на нажимные валики вытяжного прибора машины П-76-ШГ2: $Q_1 = 7190$ сН; $Q_2 = 9070$ сН; $Q_3 = 11520$ сН.

ВЫВОДЫ

1. Получена математическая модель для определения необходимой нагрузки на нажимные валики вытяжного прибора в зависимости от натяжения и силы вытягивания, которые испытывает продукт в процессе прядения.

2. Влияние натяжения продукта и силы вытягивания на нагрузку на нажимные валики следует учитывать при разработке конструкций вытяжных приборов кольцепрядильных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баясов П.Д. и др.* Прядение хлопка. – М.: Ростехиздат, 1963.
2. *Губерман М.С., Чистобородов Г.И., Агалаков В.А.* Математические методы проектирования уплотняющих устройств. – Иваново: ИГТА, 1999.
3. *Ковнер С.С.* // Текстильная промышленность. – 1956, № 2.
4. *Кулигин Л.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1965, №5.
5. *Капитанов А.Ф.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №2.
6. *Севостьянов А.Г.* Магнитные валики и силы, действующие в вытяжных приборах. – М.: Гизлегпром, 1963.
7. *Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Боровков А.В.* // Изв. Ивановск. отд. Петровской Акад. наук и искусств. – 2001, №6.
8. *Фарухшин В.В.* Совершенствование методов расчета вытяжных механизмов для мокрого прядения льна: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 1999.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 25.11.02.